

論文96-33B-7-16

웨이브릿 SDF 필터를 이용한 雜音을 갖는 한글의 模樣不變 認識

(Shape Invariant Recognition of Korean Characters with Noise Using Wavelet SDF Filter)

金龍奎*, 金喆洙**, 金正雨***, 李河運***,
都良會****, 金秀重*****(Yong Guy Kim, Cheol Su Kim, Jeong Woo Kim, Ha Woon Lee,
Yang Hoi Doh, and Soo Joong Kim)

요 약

잡음을 갖는 한글의 모양불변 인식을 위한 광 웨이브릿 SDF 필터를 제안하였다. 기준영상의 특징을 잘 보존하고, 입력영상에서 무작위 잡음의 영향을 최소화하기 위하여 서로 다른 팽창모수를 가지는 웨이브릿 변환영상을 사용하였다. 또한 조합형태에 따른 글꼴 변환에 적용할 수 있도록 ECP-SDF 필터합성 알고리즘을 사용하였다. 제안된 광 웨이브릿 SDF 필터는 정합필터의 형태로서 전통적인 4f 광 상관기에 적용할 수 있도록 하였다. 컴퓨터 모의 실험을 통하여 제안된 필터가 특히 잡음환경하에서 유용함을 확인하였다.

Abstract

For shape invariant recognition of Korean characters with noise, an optical wavelet SDF filter is proposed. To preserve the features of a reference image and minimize effects of a random noise in the input image, wavelet transformed images with different dilation parameters are used. And to adapt to diverse variations in the combinatorial form, ECP-SDF filter synthesis algorithm is used. The proposed optical wavelet SDF filter is the type of the matched filter so that it can use the structure of 4f optical correlation system. The computer simulation results show that the proposed filter is useful in the noisy input.

I. 서 론

* 正會員, 韓國科學技術院 物理學科 電算物理實驗室
(Theoretical and computing physics Lab. KAIST)

** 正會員, 金泉專門大學 電波通信科
(Dept. of Wave Communication, Kimchon College)

*** 正會員, 東洋大學校 電子制御通信工學部
(Dept. of Elec. Eng., Dongyang Univ.)

**** 正會員, 濟州大學校 電子工學科
(Dept. of Electronics, Cheju Nat'l Univ.)

***** 正會員, 慶北大學校 電子電氣工學部
(School of Electronic & Electrical Engineering, Kyungpook Nat'l Univ.)

接受日: 1995年10月5日, 수정완료일: 1996年6月8日

1964년 Vander Lugt가 광의 간섭성을 이용한 복소 공간 정합필터(complex matched spatial filter)^[1]를 실현한 후 광학적인 패턴인식이 활발하게 진행되었다. 공간정합 필터는 입력영상의 위치정보를 보존하는 특성이 있기 때문에 입력의 변위에 비례하여 상관영역에서의 변위가 나타나므로, 한글과 같이 입력영상내의 각 자소의 위치가 중요한 역할을 하는 대상의 인식에 유용하다. 하지만 한글은 형태가 단조로운 자모의 2차원상의 조합으로 구성되며 조합형태에 따라 기본자모의 글꼴이 다양하여 각 자모의 구별인식이 어렵다. 이러한 문제점을 해결한 기존의 정합필터 중에서 여러가지 변화된 패턴을 잘 인식할 수 있는 필터가 SDF(syn-

thetic discriminant function) 필터 이다.^[2,3,4,5,6]

한편, 음성 및 영상 신호처리 분야에서 짧은 세그먼트를 갖는 과도신호(transient signal)를 해석하기 위해 웨이브릿 변환(wavelet transform)^[7,8,9]을 사용하고 있으며, 웨이브릿 변환은 일반적으로 가장자리 정보를 강조하는 효과를 나타내는 것으로 잘 알려져있다. 시간영역에서 원점을 중심으로 진동하며 시간이 무한대로 접근할 경우 '0'으로 감쇄하는 웨이브릿 함수는 진동 주파수에 따라 주파수 영역에서 대역폭이 결정된다. 따라서 웨이브릿 변환은 대역통과 특성을 가지며 이 특성은 웨이브릿 함수의 종류나 팽창모수(scaling parameter)의 크기 및 진동 주파수 등에 따라 달라진다. 그러므로 웨이브릿 변환에 의해 구현되는 필터에서는 인식하고자 하는 영상에 따른 적절한 웨이브릿 함수 및 팽창모수의 선정이 매우 중요한 요소이다.

본 논문에서는 조합형태에 따라 다양한 글꼴을 갖는 한글을 효과적으로 인식하기 위하여 웨이브릿 변환과 SDF 필터 개념을 이용한 광 웨이브릿 SDF 필터를 제안하였다. 제안된 필터를 이용한 인식 시스템의 입력 평면에서는 무작위 잡음이 있는 경우를 가정하여 잡음의 영향을 최소화할 수 있도록 웨이브릿 함수와 팽창모수를 선정하여 웨이브릿 변환하였으며, 필터 평면에서는 기준자모의 특징을 가장 잘 나타낼 수 있도록 웨이브릿 함수와 팽창모수를 선정하여 웨이브릿 변환한 후 다양한 글꼴에 적용할 수 있도록 ECP-SDF(equal correlation peak SDF) 필터^[3,4] 합성법을 이용하였다. 그리고 입력평면의 웨이브릿 변환 효과를 필터제작에 포함시켜 제안된 웨이브릿 SDF 필터가 4f 광상관 시스템에 적용될 수 있도록 하였다. 컴퓨터 모의 실험을 통해 기존의 ECP-PO-SDF(ECP phase-only SDF)^[3,5] 필터와 비교한 결과, 특히 잡음이 존재하는 환경하에서 제안된 필터의 성능이 우수함을 확인하였다.

II. 광 웨이브릿 SDF 필터

1. PO-SDF 필터의 합성

SDF 필터는 인식하고자 하는 기준영상과 분리하고자 하는 기준영상을 학습영상으로 하여 이들의 선형조합으로 구성된다. 이때 각 학습영상에 곱해지는 필터계수는 학습영상간의 자기상관과 상호상관으로 이루어지는 상관행렬, 즉 VIP(vector inner product)행렬의

역과 분리와 인식을 제한해 주는 제한벡터(constraint vector)와의 곱으로써 얻는다. PO-SDF 필터 중에서 ECP-PO-SDF 필터는 하나의 군에 포함되는 모든 기준영상들을 동일 영상으로 인식하고자 할 경우 사용된다. 필터의 임펄스 응답은 각 학습영상에 필터계수를 곱하여 얻으며, N_T 개의 학습영상에 대한 i 번째 학습영상을 $f_i(x,y)$ 라 할 때 필터함수의 임펄스 응답 $h_{SDF}(x,y)$ 는

$$h_{SDF}(x,y) = \sum_{i=1}^{N_T} c_i f_i(x,y) \quad (1)$$

로 나타낼 수 있으며, 필터계수 벡터 \mathbf{c} 는

$$\mathbf{c} = \mathbf{R}^{-1} \mathbf{u}^T \quad (2)$$

로 구하여진다. 여기서 VIP 행렬 \mathbf{R} 의 요소는

$$R_{ii} = \max \langle f_i | f_i \rangle$$

$$R_{ij} = \max \langle f_i | f_j \rangle \quad (3)$$

로 표현되며, R_{ii} 는 학습영상 $f_i(x,y)$ 의 자기 상관 첨두치를 나타내며, R_{ij} 는 $f_i(x,y)$ 와 $f_j(x,y)$ 의 상호 상관 첨두치를 나타낸다. 그리고 제한벡터 \mathbf{u} 는

$$\mathbf{u} = [1 \ 1 \ \dots \ 1] \quad (4)$$

로 표현되는 단위벡터이며, 제한벡터가 '1'이라는 것은 필터 합성시 사용된 모든 학습영상들을 동일영상으로 인식한다는 것을 의미한다. 따라서 ECP-PO-SDF 필터함수의 임펄스 응답은 식 (2)에서 구한 필터계수를 식 (1)에 대입해서 구한다.

2. 웨이브릿 변환

웨이브릿 변환은 모(mother) 웨이브릿 함수 $h(x,y)$ 의 팽창(dilation)과 병진(translation)에 의해 만들어진 딸(daughter) 웨이브릿 함수 $h_{a_x a_y b_x b_y}(x,y)$ 와 신호 $f(x,y)$ 와의 내적

$$w_f(a_x, a_y, b_x, b_y) = \langle f(x,y) | h_{a_x a_y b_x b_y}(x,y) \rangle \quad (5)$$

으로 주어진다. 여기서 a_x, a_y 는 팽창모수, b_x, b_y 는 병진모수이며 딸 웨이브릿 함수 $h_{a_x a_y b_x b_y}(x,y)$ 는

$$h_{a_x a_y b_x b_y}(x,y) = \frac{1}{\sqrt{a_x a_y}} h\left(\frac{x-b_x}{a_x}, \frac{y-b_y}{a_y}\right) \quad (6)$$

로 정의된다. 식 (6)을 식 (5)에 대입하여 정리하면 신

호 $f(x,y)$ 의 웨이브릿 변환은

$$\begin{aligned} w_f(a_x, a_y, b_x, b_y) &= \int \int_{-\infty}^{\infty} f(x, y) h^*_{a_x, a_y, b_x, b_y}(x, y) dx dy \\ &= \frac{1}{\sqrt{a_x a_y}} \int \int_{-\infty}^{\infty} f(x + b_x, y + b_y) h^*\left(\frac{x}{a_x}, \frac{y}{a_y}\right) dx dy \\ &= \frac{1}{\sqrt{a_x a_y}} f(x, y) \otimes h\left(\frac{x}{a_x}, \frac{y}{a_y}\right) \\ &= \frac{1}{\sqrt{a_x a_y}} f(x, y) \otimes h_{a_x, a_y}(x, y) \end{aligned} \quad (7)$$

로 표현되며, 이는 본질적으로 신호와 웨이브릿 함수의 상호 상관이다. 여기서 \otimes 는 상관자를 나타내며 *는 공액 복소수를 나타낸다. 그리고 이것을 주파수 영역에서 표현하면

$$W_f(u, v) = \frac{1}{\sqrt{a_x a_y}} F(u, v) H^*_{a_x, a_y}(u, v) \quad (8)$$

로 나타나며, 팽창이 등방성인 경우로 가정하여 $a_x = a_y = a$ 로 두면

$$W_f(u, v) = \frac{1}{a} F(u, v) H^*_a(u, v) \quad (9)$$

로 표현된다. 여기서 $F(u,v)$ 및 $H_{a_x, a_y}(u,v)$ 는 각각 $f(x,y)$, $h_{a_x, a_y}(x,y)$ 의 푸리에 변환을 나타낸다.

웨이브릿 변환된 영상은 가장자리가 강조된 영상으로 웨이브릿 함수의 종류 및 팽창모수의 크기에 따라 가장자리 강조 효과가 다르며 이의 효과를 높이는 것은 영상의 적절한 특징점을 검출하는 것을 의미하며 이는 패턴인식에 중요한 영향을 미친다. 그러므로 영상에 따라 적절한 웨이브릿 함수 및 팽창모수의 선정이 중요하다.

3. 제안한 광 웨이브릿 SDF 필터

자모의 조합형태에 따라 다양한 글꼴을 가지는 한글을 효과적으로 인식하기 위하여 광 웨이브릿 SDF 필터를 제안하였다. 일반적으로 광 웨이브릿 변환에 의한 패턴인식의 경우 웨이브릿 변환 후 필터를 구현하는 웨이브릿 정합필터 방식이 인식율이 좋으며 합성필터를 만들때도 웨이브릿 변환 후 합성하여 정합필터의 형태로 구현하는 것이 우수한 인식율을 보이고 있다. 따라서 본 논문에서도 이러한 성질을 이용하여 기준영상과 입력영상을 웨이브릿 변환 후 인식을 위한 필터를 만들었다. 기준영상의 웨이브릿 변환은 기준자모의 특징을 가장 잘 나타낼 수 있도록 웨이브릿 함수와 팽창모수를 선정하였으며, 입력영상의 웨이브릿 변환은

잡음의 영향을 최소화할 수 있도록 하였다.

먼저 식 (7)로 부터 기준영상 $f_i(x,y)$ 의 특징을 잘 나타낼 수 있도록 팽창모수 a_i 를 선정하여 웨이브릿 변환된 영상 $w_{f_i}(a_i, a_i, b_x, b_y)$ 를 구한 후, 이를 학습영상으로 하여 ECP-SDF 필터를 합성하여 다양한 글꼴을 가지는 동일자모를 동일군으로 인식하도록 한다. 이때 필터의 임펄스 응답 $h_{SDF}(b_x, b_y)$ 는

$$h_{SDF}(b_x, b_y) = \sum_{i=1}^{N_f} c_i w_{f_i}(a_i, a_i, b_x, b_y) \quad (10)$$

로 표현되며, 이것을 주파수 영역에서 표현하면

$$\begin{aligned} H_{SDF}(u, v) &= \sum_{i=1}^{N_f} c_i W_{f_i}(u, v) \\ &= \sum_{i=1}^{N_f} \frac{1}{a_i} c_i F_i(u, v) H^*_{a_i}(u, v) \end{aligned} \quad (11)$$

와 같이 표현된다.

한편 인식하고자 하는 입력영상을 $t(x,y)$ 라 두고 잡음의 영향을 최소화할 수 있도록 팽창모수 a_t 를 선정하여 웨이브릿 변환하면 이의 주파수 영역에서의 표현은 식 (8)로 부터

$$W_t(u, v) = \frac{1}{a_t} T(u, v) H^*_{a_t}(u, v) \quad (12)$$

로 된다.

이 $W_t(u,v)$ 와 $H_{SDF}(u,v)$ 의 상관결과 $O(x',y')$ 를 주파수 영역에서 표현한 $O(u,v)$ 는

$$O(u, v) = W_t(u, v) H^*_{SDF}(u, v) \quad (13)$$

로 나타낼 수 있으며, 다시 정리하면

$$\begin{aligned} O(u, v) &= W_t(u, v) H^*_{SDF}(u, v) \\ &= \frac{1}{a_t} T(u, v) H^*_{a_t}(u, v) H^*_{SDF}(u, v) \\ &= T(u, v) \frac{1}{a_t} [H_{a_t}(u, v) H_{SDF}(u, v)]^* \\ &= T(u, v) G^*(u, v) \end{aligned} \quad (14)$$

이 된다. 여기서 $G(u,v)$ 는

$$\begin{aligned} G(u, v) &= \frac{1}{a_t} H_{a_t}(u, v) H_{SDF}(u, v) \\ &= \frac{1}{a_t} H_{a_t}(u, v) \sum_{i=1}^{N_f} c_i W_{f_i}(u, v) \\ &= \frac{1}{a_t} H_{a_t}(u, v) \left[\sum_{i=1}^{N_f} \frac{1}{a_i} c_i F_i(u, v) H^*_{a_i}(u, v) \right] \\ &= \frac{1}{a_t a_f} H_{a_t}(u, v) H^*_{a_f}(u, v) \sum_{i=1}^{N_f} c_i F_i(u, v) \end{aligned} \quad (15)$$

이 되어 하나의 정합필터 형태로 만들 수 있다. 여기서 $H_a(u,v)$ 와 $H_a(u,v)$ 는 각각 입력영상과 기준영상의 웨이브릿 변환을 나타내는데 입력영상의 웨이브릿 변환 $H_a(u,v)$ 는 잡음의 영향을 줄일 수 있도록 선정하여야 하며, 기준영상의 웨이브릿 변환 $H_a(u,v)$ 는 기준 자모의 특징을 잘 나타내도록 선정하여야 한다.

무작위 잡음 환경하에서 한글을 인식 대상으로 한 경우 Mexican-hat 웨이브릿 변환이 가장 적합한 것으로 나타났다. 사용된 Mexican-hat 웨이브릿 함수는

$$h(x, y) = (1 - x^2 - y^2) \exp(-x^2 - y^2) \quad (16)$$

이며, 팽창이 등방성인 경우로 가정한 딸 웨이브릿 함수는

$$h_a(x, y) = [1 - (\frac{x}{a})^2 - (\frac{y}{a})^2] \exp[-(\frac{x}{a})^2 - (\frac{y}{a})^2]$$

와 같이 표현된다. 이를 주파수 영역에서 표현하면

$$H_a(u, v) = (\pi/16)a^4(u^2 + v^2) \exp[-\frac{1}{4}a^2(x^2 + y^2)] \quad (17)$$

이 된다. 여기서 팽창모수 a 의 값은 영상의 종류 및 적용하고자 하는 경우에 따라 적절하게 선정하여야 한다.

III. 컴퓨터 모의실험 결과

본 논문에 제안된 웨이브릿 ECP-SDF 필터와 기존의 ECP-PO-SDF 필터를 비교하기 위하여 한글자모 중 'ㄱ'의 다양한 글꼴들을 학습영상으로 사용하였다. 이들은 조합되는 위치에 따라 다양한 형태의 글꼴을 가지고 있으며, 그림 1에서 그 예를 보여주고 있다. 그림 1(a)는 'ㄱ'에, 그림 1(b)는 '강' 및 '값'의 초성에, 그림 1(c)는 '국' 및 '구'의 초성에 그리고 그림 1(d)는 '꼭'의 초성 및 '값', '값'의 종성에 사용되는 대표적인 형태들이므로 학습영상으로 선택하였으며, 모두 동일집단 'ㄱ'으로 인식하도록 하였다.

그림 1의 (e), (f), (g), (h)는 각각 팽창모수 a_f 를 0.8로 하였을 때 Mexican-hat 웨이브릿 변환된 영상들이다. 여러가지 웨이브릿 함수에 대한 컴퓨터 모의실험 결과 이 경우가 가장자리 정보를 가장 잘 보존하고 있음을 확인하였다.

입력영상은 초성과 종성에 'ㄱ'을 포함하는 한글 '값'을 입력영상으로 사용하였다. 이를 입력대상으로 선택

한 이유는 초성과 종성에 서로 다른 글꼴을 가지는 'ㄱ'을 포함하고 있어 이를 동일자모로 인식할 수 있는지를 확인하기 위함이며, 'ㄹ'의 윗부분은 'ㄱ'의 모양을 포함하고 있어 오인식 될 우려가 있는 경우이므로 이를 'ㄱ'과 구별하여 인식할 수 있는지를 확인하기 위함이다.

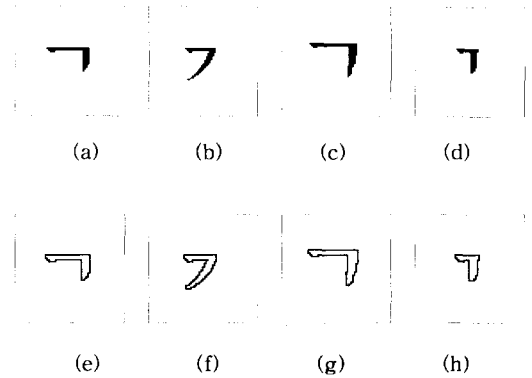


그림 1. 기본자음 'ㄱ'의 문자조합에 따른 여러가지 꼴과 웨이브릿 변환된 영상 ($a_f=0.8$)

Fig. 1. Various shapes of the basic consonant 'ㄱ' and its wavelet transformed image according to character combination. ($a_f=0.8$)

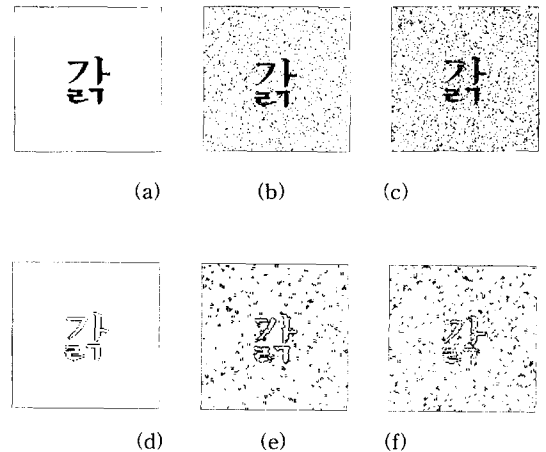


그림 2. (a) 완전한 입력영상 '값', (b) 5% 및 (c) 10%의 무작위 잡음이 첨가된 입력, (d), (e) 및 (f)는 입력(a), (b), 및 (c)의 Mexican-hat 웨이브릿 변환된 영상 ($a_f=0.51$)

Fig. 2. (a) A perfect input '값', an input corrupted with (b) 5% and (c) 10% random noise, (d), (e) and (f) are Mexican-hat wavelet transformed images of input image (a), (b), and (c). ($a_f=0.51$)

그림 2의 (a)는 잡음이 없을때이고 (b)와 (c)는 각각 5% 및 10%의 무작위 잡음이 첨가된 영상이며, 그림 2의 (d), (e), (f)는 각각 팽창모수 a_r 를 0.51로 하였을때의 Mexican-hat 웨이브릿 변환된 영상이다. 여러 가지 웨이브릿 함수에 대한 컴퓨터 모의실험 결과 이 경우가 잡음의 영향을 최소화 함을 확인하였다.

본 연구에서는 그림 1과 그림 2에서 확인된 결과를 근거로 하여 입력영상은 팽창모수 a_r 를 0.51로 하여 Mexican-hat 웨이브릿 변환을 하고, 기준영상은 팽창모수 a_r 를 0.8로 하여 Mexican-hat 웨이브릿 변환한 후 ECP-SDF 필터 합성법을 이용하여 필터를 만들었으며, 이것을 정합필터 형태로 하여 4f 광상관 시스템에 적용할 수 있도록 하였다. 제안된 필터의 성능은 기존의 ECP-PO-SDF 필터와 비교하였으며, 상관평면에서의 출력분포를 그림 3과 그림 4에 보였다.

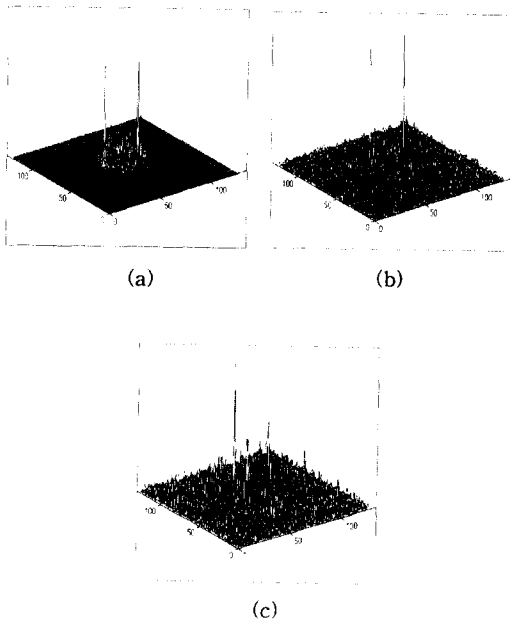


그림 3. ECP-PO-SDF 필터와 (a) 무잡음, (b) 5% 및 (c) 10%의 무작위 잡음이 첨가된 입력과의 상관분포

Fig. 3. Correlation distribution between ECP-Po-SDF filter and input image (a) without noise, corrupted with (b) 5% and (c) 10% random noise.

ECP-PO-SDF 필터의 경우 입력영상에 포함된 잡음이 많아질수록 초성의 'γ'과 종성의 'γ'의 상관첨두치의 차이가 커지고 부엽이 많아지는 반면 제안된 필

터의 경우 초성과 종성의 'γ'의 상관첨두치의 차이가 적고 부엽도 비교적 적은것을 볼 수 있다.

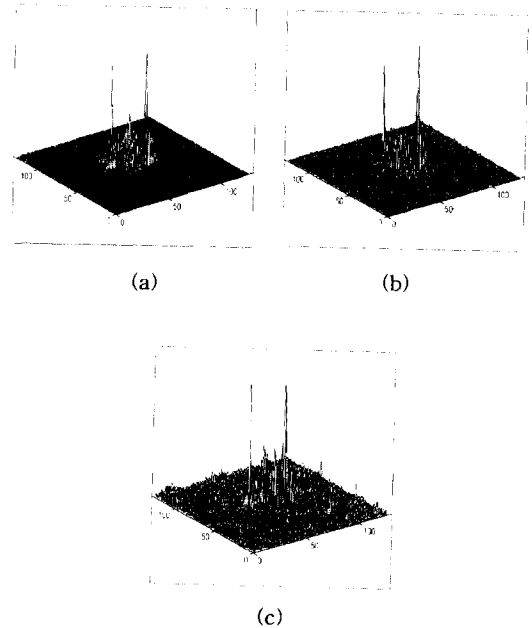


그림 4. Mexican-hat 웨이브릿 결합된 ECP-SDF 필터와 (a) 무잡음, (b) 5% 및 (c) 10%의 무작위 잡음이 첨가된 입력과의 상관분포

Fig. 4. Correlation distribution between Mexican-hat wavelet ECP-SDF filter and input image (a) without noise, corrupted with (b) 5% and (c) 10% random noise.

그리고 제안한 필터와 기존의 필터의 성능을 정량적으로 비교 평가하기 위하여 다음과 같이 정의되는 신호대잡음비(signal-to-noise ratio) SNR, 변형감도(distortion sensitivity) DS와 변별력(discrimination capability) DC를 이용 하였다^[3].

$$SNR = 10 \log \frac{r_{max}}{N_{rms}} \text{ (dB)} \quad (18)$$

r_{max} : 최대 상관치

N_{rms} : 최대 상관치의 50%이하 신호들의 실효치

$$DS = \frac{r_{auto-max} - r_{auto-min}}{r_{auto-max} + r_{auto-min}} \quad (19)$$

$$DC = \frac{r_{auto-min} - r_{cross-max}}{r_{auto-min}} \quad (20)$$

$r_{auto-max}$: 자기상관의 최대치

$r_{auto-min}$: 자기상관의 최소화
 $r_{cross-max}$: 상호상관의 최대치

여기서 SNR은 상관분포에서 최대상관치와 잡음 비로서, 이는 부엽의 크기와 연관되어 SNR이 작은 값 일 때는 부엽의 크기가 크고, 큰 값이면 부엽의 크기가 작다는 것을 의미한다. DC는 특정신호에 의한 자기상관첨두치와 그 이외의 신호에 의한 상호상관첨두치의 비를 나타낸 것으로 특정신호를 구별하는 능력을 나타내는 척도이며 유사물체를 얼마나 잘 구별인식 하는지를 나타낸다. 따라서 DC가 '1'에 가까운 값을 가지면 유사물체를 오인식 없이 정확하게 분리인식 한다는 것을 의미한다. 그리고 DS는 특정신호의 변형된 신호가 입력되었을 때 이들을 같은 신호로 인식하는지, 다른 신호로 분리하는지를 나타내는 변수이다. 만약 특정신호의 변형된 신호에 대한 자기상관첨두치의 최대치와 최소화치를 구하였을 때 DS가 '0'이 된다면 이들 변형된 신호들을 정확하게 인식한다는 것을 의미한다.

표 1에서 제안한 필터와 ECP-PO-SDF 필터의 신호대 잡음비와 변형감도 그리고 변별력 등을 비교하였다. SNR은 기존의 ECP-PO-SDF 필터가 잡음이 존재하는 경우에 급격히 감소하는데 비하여 제안한 필터는 그 변화폭이 작게 나타나고있다. 그리고 변형감도는 많은 잡음이 존재하는 환경하에서 제안된 필터가 개선되었음을 볼 수 있으며, 변별력 역시 기존의 필터 보다 더 개선되었다. 결과를 종합하여 보면 잡음이 없

표 1. 각 필터에 대한 성능
 Table 1. The performance measures for each filter.

Noise	Filters	ECP-PO-SDF filter	Wavelet ECP-SDF filter
	Performance measures		
with-out	SNR(dB)	17.76	17.39
	DS	0.034	0.028
	DC	0.660	0.640
with 5 %	SNR(dB)	14.32	16.62
	DS	0.045	0.045
	DC	0.625	0.632
with 10 %	SNR(dB)	13.90	16.31
	DS	0.165	0.062
	DC	0.460	0.560

는 경우에는 제안한 필터와 기존의 필터의 차이가 거의 없지만 잡음이 존재하는 환경하에서 더 우수한 성능을 보여주고 있음을 확인하였다.

IV. 결 론

본 논문에서는 자모의 조합형태에 따라 다양한 글꼴을 가지는 한글을 효과적으로 인식하기 위하여 광 웨이브릿 SDF 필터를 제안하였다. 제안된 필터는 입력 영상과 기준영상의 웨이브릿 변환을 서로 다르게하여 입력에서의 잡음의 영향을 최소화하고 기준영상의 특징을 잘 보존할 수 있도록 하였으며, 다양한 글꼴의 동일자모를 동일군으로 인식할 수 있도록 ECP-SDF 필터 합성법을 이용하였다. 또한 4f 광상관 시스템을 이용할 수 있도록 입력평면의 웨이브릿 변환을 필터평면으로 옮겨서 하나의 필터 형태로 설계하였다. 제안된 필터의 성능은 컴퓨터 모의실험을 통하여 기존의 ECP-PO-SDF 필터와 비교하였으며, 특히 잡음이 존재하는 환경하에서 좋은 결과를 나타냄을 확인하였다.

참 고 문 헌

- [1] A. Vander Lugt, "Signal detection by complex signal filtering," *IEEE Trans. Infor. Theory*, vol. IT-10, pp. 139-145, 1964.
- [2] 도 양희, "한글문자 인식을 위한 양자화 위상 SDF 필터," *경북대학교 박사학위 논문*, 1988
- [3] 김 정우, "인쇄체 한글의 왜곡불변 인식을 위한 광상관필터" *경북대학교 박사학위 논문*, 1995.6
- [4] D. Casasent, "Unified synthetic discriminant function computational formulation," *Appl. Opt.*, vol. 23, no. 10, pp. 1620-1627, 1984.
- [5] J. L. Horner and P. D. Gianino, "Applying the phase-only filter concept to the synthetic discriminant function correlation filter," *Appl. Opt.*, vol. 24, pp. 851-855, 1985.
- [6] D. Casasent and W. Chang, "Correlation synthetic discriminant functions," *Appl. Opt.*, vol. 25, no. 14, pp. 2343-2350, 1986.
- [7] Y. Sheng, D. Roberge, and H. H. Szu, "Optical wavelet transform," *Opt. Eng.*,

- vol. 31, no. 9, pp. 1840-1845, 1992.
- [8] H. Szu, Y. Sheng, and J. Chen, "The wavelet transform as a bank of the matched filter," *Appl. Opt.*, vol. 31, pp. 3267-3277, 1992.
- [9] 이 하운, 김 정우, 김 수중, "광웨이브렛 fSDF 필터를 이용한 회전불변 지문인식," *한국통신학회 논문지*, 제20권 7호, pp. 1822-1833, 1995

저 자 소 개

金 龍 奎(準會員)

1968년 8월 28일생. 1994년 2월 제주대학교 전자공학과 졸업(공학사). 1996년 2월 제주대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사). 1995년 4월~1996년 3월 제주대학교 전자공학과 조교. 1996년 3월~현재 한국과학기술원 물리학과 전산물리실험실 연구원. 주관심분야는 광신호처리, 패턴인식, 음성인식 등임.

金 正 雨(正會員) 第 33卷 B편 第 3號 參照

현재 동양대학교 전자제어통신공학부 전임강사

都 良 會(正會員) 第 31卷 A편 第 6號 參照

현재 제주대학교 전자공학과 부교수

金 喆 洙(正會員) 第 33卷 B편 第 6號 參照

현재 김천전문대학교 전파통신과 전임강사

李 河 運(正會員) 第 33卷 B편 第 3號 參照

현재 동양대학교 전자제어통신공학부 전임강사

金 秀 重(正會員) 第 27卷 第 4號 參照

현재 경북대학교 전자전기공학부 교수